

Plan Departamental de Calidad de Agua

Reporte Ambiental 2025

# Plan Departamental de Calidad de Agua



Programa de monitoreo de playas

Sistemas Fluviales

Laguna del Cisne

Lagos de la Costa

Monitoreo Participativo

# Programa de monitoreo de playas

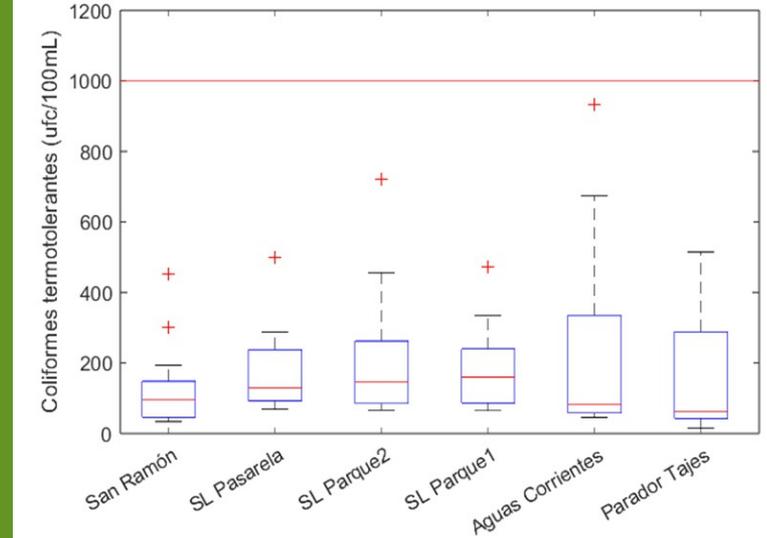
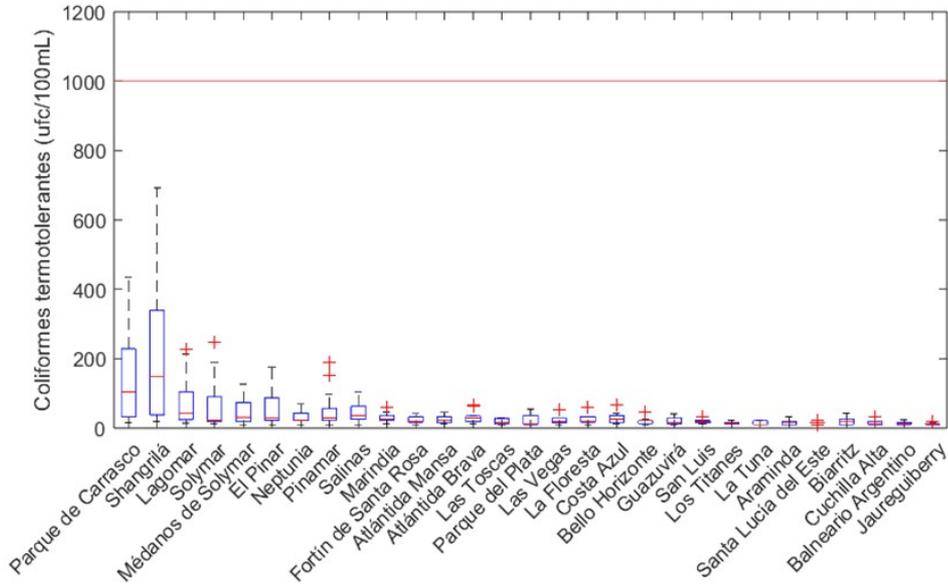


Frecuencia semanal

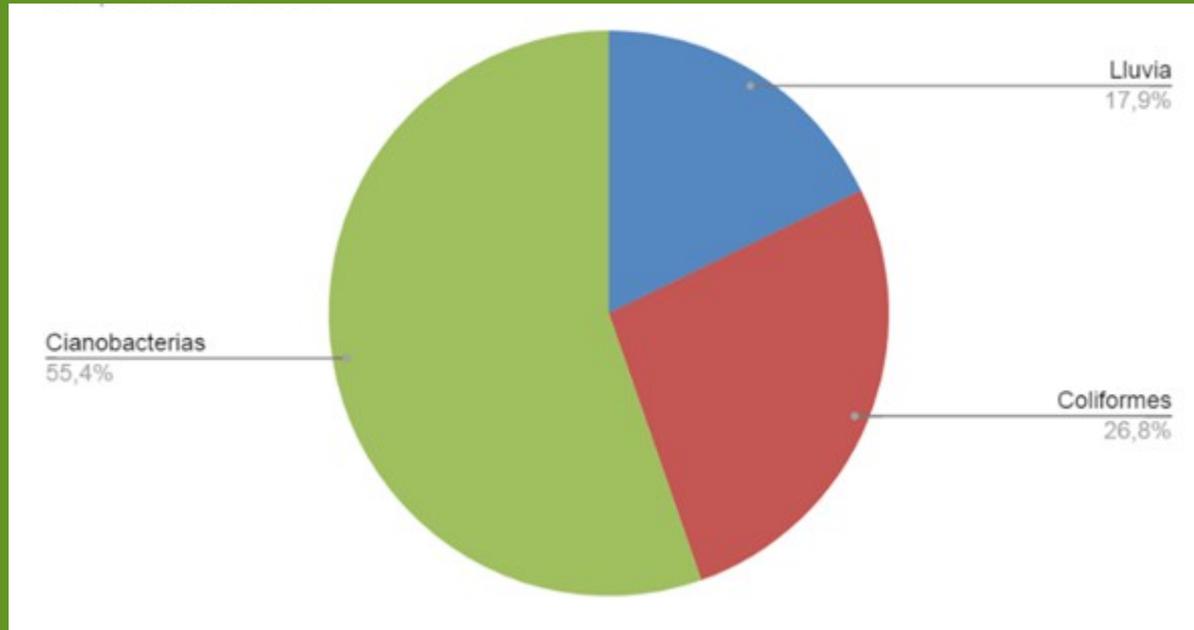
21/10/2024 - 27/02/2025

- 29 playas del Río de la Plata
- 6 playas del Río Santa Lucía
- 7 arroyos costeros y canal Artigas

# Programa de monitoreo de playas

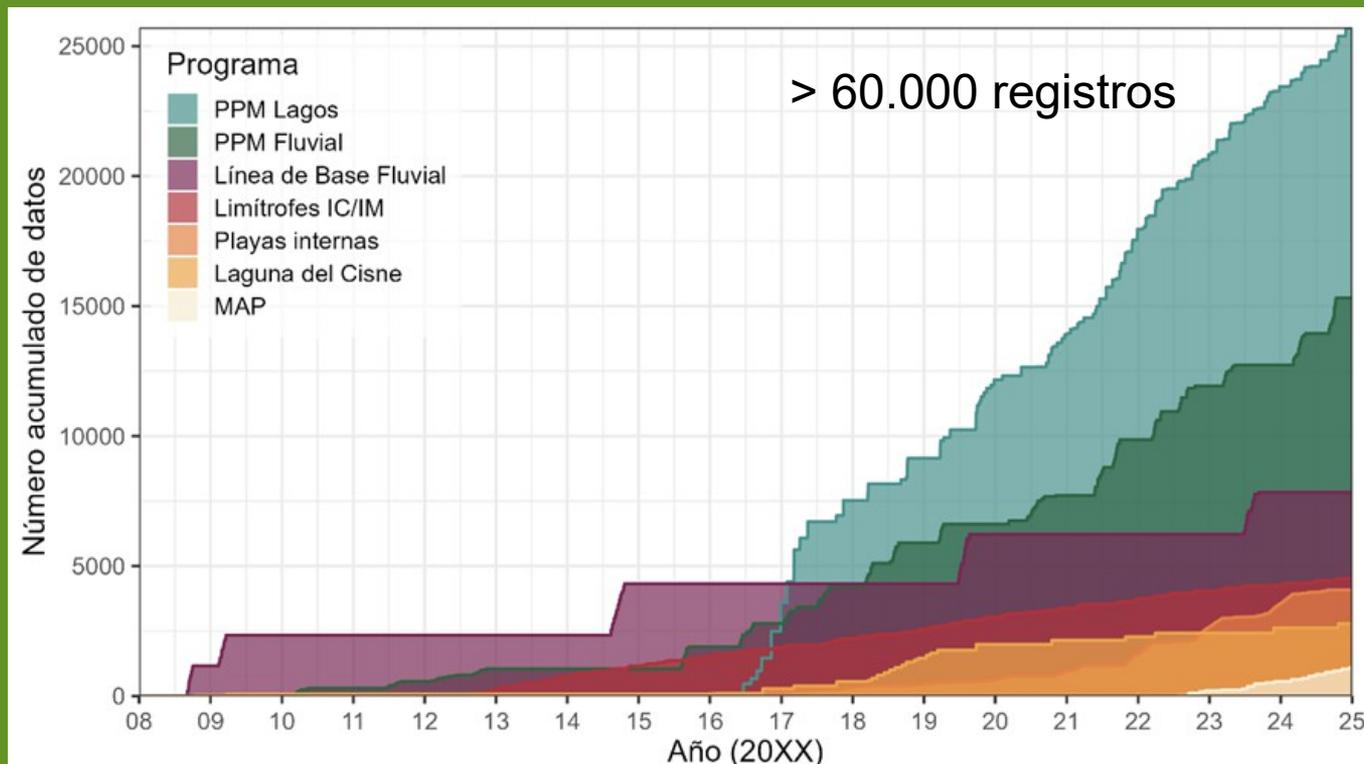


## Programa de monitoreo de playas





## Fuentes de información



# Uso de la tecnología y transparencia en el manejo de la información

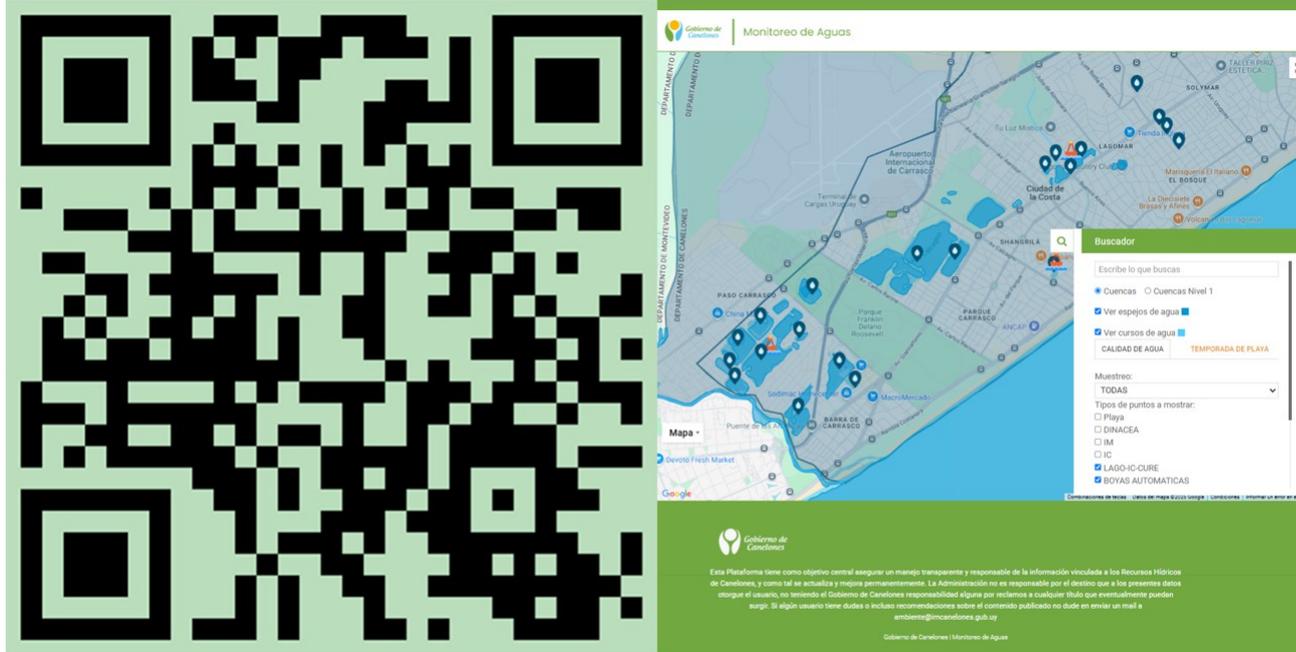


Figura 4. Acceso web al Sistema Integrado de Monitoreo de Aguas y Playas de Canelones (SIMAS).  
<https://www.imcanelones.gub.uy/simas>

## Uso de la tecnología y transparencia en el manejo de la información



**Figura 5.** Instalación de boyas de monitoreo automatizado en el lago Shangrilá (izq.), Jardín de Lagomar (arriba) y Javier de Parque Miramar (abajo) en 2020.

# Uso de la tecnología y transparencia en el manejo de la información

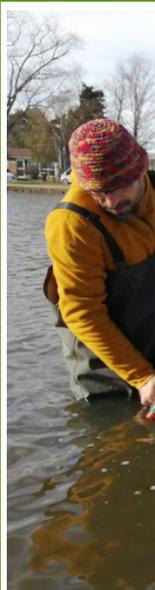


Figura 5. Inst. Lagomar (arri)

HardwareX 20 (2024) e00606

Contents lists available at ScienceDirect

HardwareX

ELSEVIER journal homepage: [www.elsevier.com/locate/hwx](http://www.elsevier.com/locate/hwx)

Hardware Article

**Artulake temperature profiler: An open-source, low-cost, automated monitoring system to unravel the mixing behavior of lakes**

Guillermo Goyenola<sup>a,\*</sup>, Javier García-Climent

<sup>a</sup> Laboratorio de Gestión de Calidad y Tecnología del Agua, Departamento de Ecología y Evolución, Centro Universitario Regional del Sur, Universidad de la República, Maldonado, Uruguay

**ARTICLE INFO**

**Keywords:** Temperature monitoring system; Lake mixing; Thermal stratification; Monitoring buoy; Lagomary

**ABSTRACT**

Understanding the thermal classification of lakes based on mixing regimes is fundamental in limnology. Although this classification has traditionally been considered well-established, recent studies highlight variations in the mixing behavior of ponds and shallow lakes. This paper introduces the Artulake temperature profiler, an innovative, simple, and autonomous high-frequency temperature monitoring system designed for shallow to moderately deep lakes (2.5 to 10 m). Utilizing Arduino technology and GPS telemetry, the system is cost-effective, with electronic components and sensors costing approximately USD 200 and buoy construction and deployment around USD 3000. The Artulake enables real-time environmental temperature monitoring and data storage on an online platform for subsequent analysis and visualization. The collected data supports ecosystem research and the numerical modeling of thermal behavior in lakes. Key strengths of the system include low production and maintenance costs, scalability, and communication capabilities. Challenges, such as interference from animal activity, are addressed with recommended preventive measures tailored to specific fauna. Overall, the Artulake temperature profiler offers a practical tool for advancing limnological research, with potential for modification to various environmental monitoring objectives.

**1. Specifications table**

Hardware name	Artulake temperature profiler
Subject area	Aquatic sciences
Hardware type	Field measurement
Client operational model	Webcam 2.0x4x10 Ethernet, X3 Environmental Data Logger, CR-105 Data Bus, WOODS LYVE Web Detector
Open source license	CC BY-SA 4.0 IEDD
Code of hardware	EL200
Source file repository	<a href="https://doi.org/10.17605/OSF.IO/2024">https://doi.org/10.17605/OSF.IO/2024</a>

\* Corresponding author.  
E-mail address: [ggoyenola@cenars.edu.uy](mailto:ggoyenola@cenars.edu.uy) (G. Goyenola).

<https://doi.org/10.1016/j.hwx.2024.e00606>

Received 23 July 2024; Received in revised form 4 November 2024; Accepted 8 November 2024  
Available online 14 November 2024  
2468-0672/© 2024 The Author(s). Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

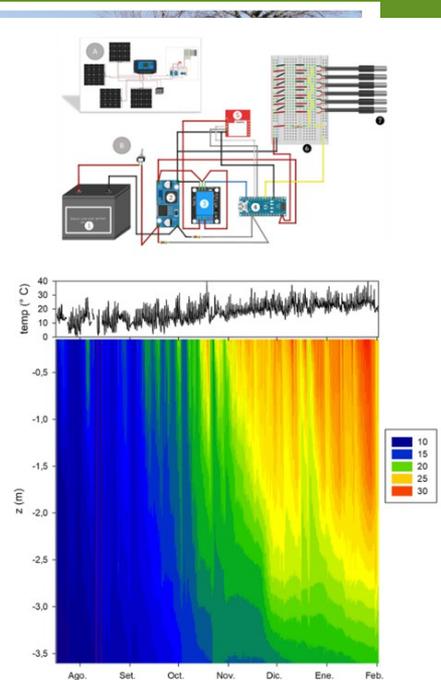


Figura 6. Publicación científica en la que se reporta el desarrollo tecnológico y relevamiento de datos vinculados a la boya de monitoreo automatizado instalada desde 2020 en el Lago Shangrilá Sur. <https://doi.org/10.1016/j.hwx.2024.e00606>

# Uso de la tecnología y transparencia en el manejo de la información

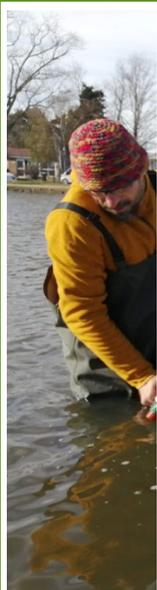


Figura 5. Inst. Lagomar (arrif)

HardwareX 20 (2024) e06066

Contents lists available at ScienceDirect

HardwareX

ELSEVIER journal homepage: www.elsevier.com/locate/hwx

Hardware Article

**ArduLake temperature profiler: An open-source, low automated monitoring system to unravel the mix of lakes**

Guillermo Goyenola<sup>a,\*</sup>, Javier García-Climet

<sup>a</sup> Laboratorio de Gestión de Cuencas y Investigación del Ambiente, Departamento de Biología y Evolución, Centro Universitario de la República, Maldonado, Uruguay

**ARTICLE INFO**

**Keywords:** Temperature monitoring system; Lake mixing; Thermal stratification; Monitoring buoy; Low-cost

**ABSTRACT**

Understanding the thermal classification of 1 lakes. Although this classification has two and/or highlight variations in the mixing but, the ArduLake temperature profiler, frequency temperature monitoring system of 10 m). Utilizing ArduLake technology and 1 electronic components and sensors costing at deployment around USD 3000. The ArduLake monitoring and data storage in an online platform collected data supports ecosystem research as lakes. Key strengths of the system include low and communication capabilities. Challenges, addressed with recommended perspective in ArduLake temperature profiler offers a generic potential for modification to various ecosystems

**1. Specifications table**

Hardware name	ArduLake temperature profiler
Subject area	Aquatic sciences
Hardware type	Field measurement
Client operational status	Installed 2 boats in Therozatoro Island, 33 Environmental Data Log
Open source license	CC BY-SA 4.0 IJEDD
Code or hardware	EL200
Source file repository	<a href="https://doi.org/10.1016/j.hwx.2024.06.006">https://doi.org/10.1016/j.hwx.2024.06.006</a>

\* Corresponding author.  
E-mail address: [ggoyenola@tran.edu.uy](mailto:ggoyenola@tran.edu.uy) (G. Goyenola).

<https://doi.org/10.1016/j.hwx.2024.06.006>  
Received 23 July 2024; Received in revised form 4 November 2024; Accepted 8 November 2024  
Available online 14 November 2024  
2468-0672/© 2024 The Author(s). Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY-NC-ND 4.0 International license.

Figura 6. Publicación científica datos vinculados a la boya de m Sur. <https://doi.org/10.1016/j.hwx.2024.06.006>

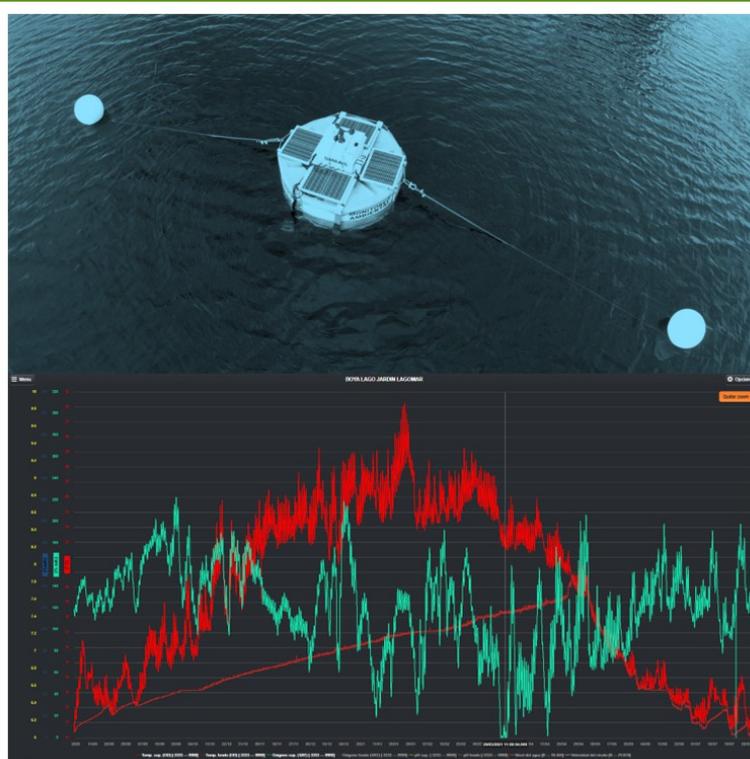


Figura 7. Boya del Lago Jardín de Lagomar (arriba) y registro de datos por un año completo (invierno 2020-invierno 2021). Temperatura de superficie: rojo vivo; Temperatura de fondo: rojo; Saturación de oxígeno disuelto: turquesa.

# Uso de la tecnología y transparencia en el manejo de la información

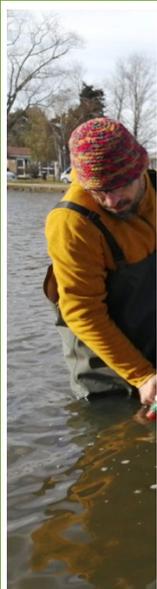


Figura 5. Inst. Lagomar (arriba)



Figura 6. Publicación científica datos vinculados a la boya de m Sur. <https://doi.org/10.1016/j.hwx.2024.e06066>

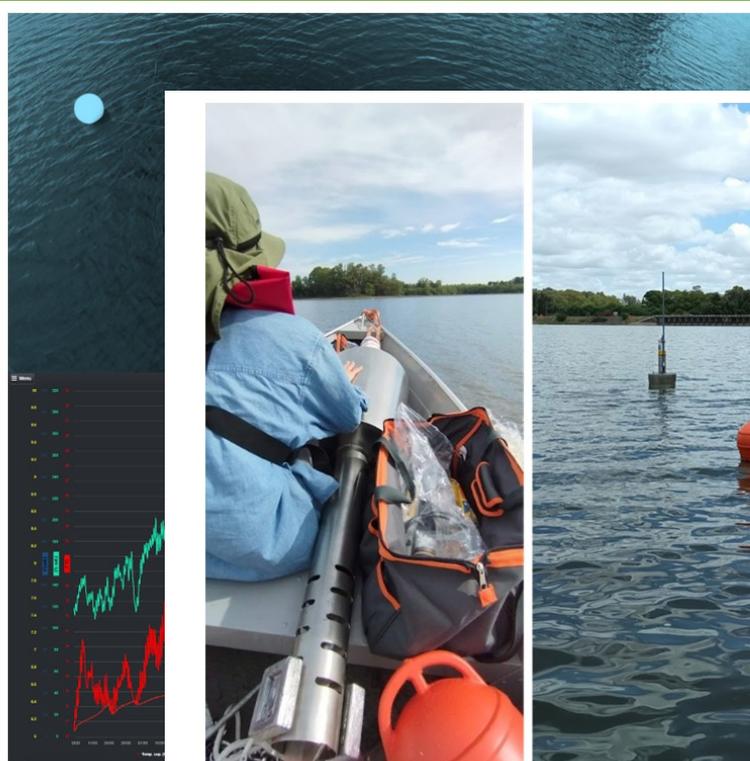


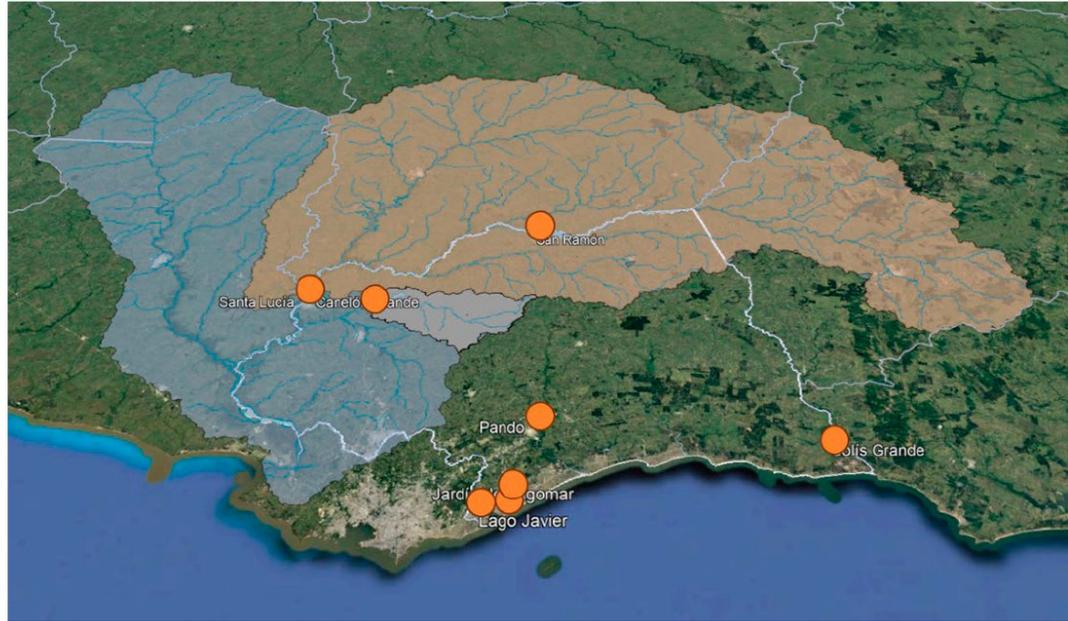
Figura 7. Boya del La 2020-invierno 2021). de oxígeno disuelto:



Figura 8. Boya de monitoreo del Embalse del Arroyo Canelón Grande. De izquierda a derecha: tareas de instalación, despliegue y mantenimiento del equipamiento.

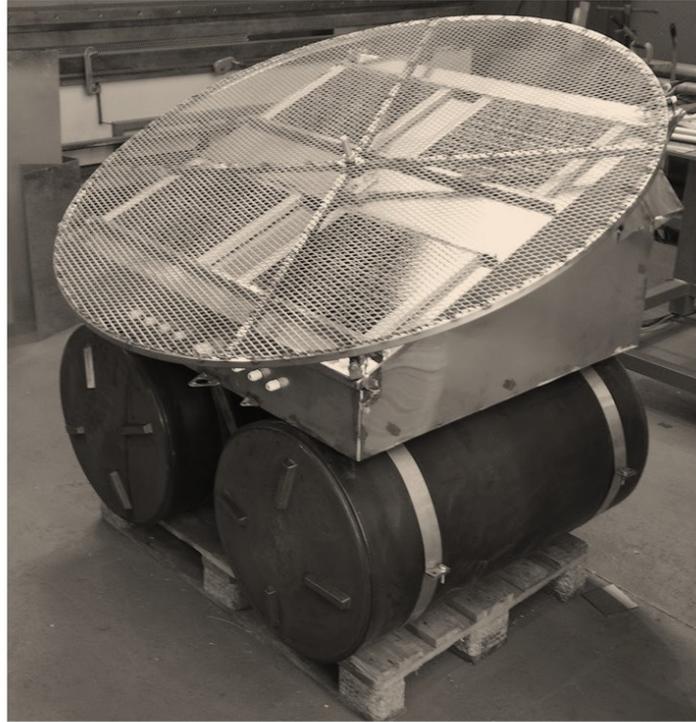


## Uso de la tecnología y transparencia en el manejo de la información



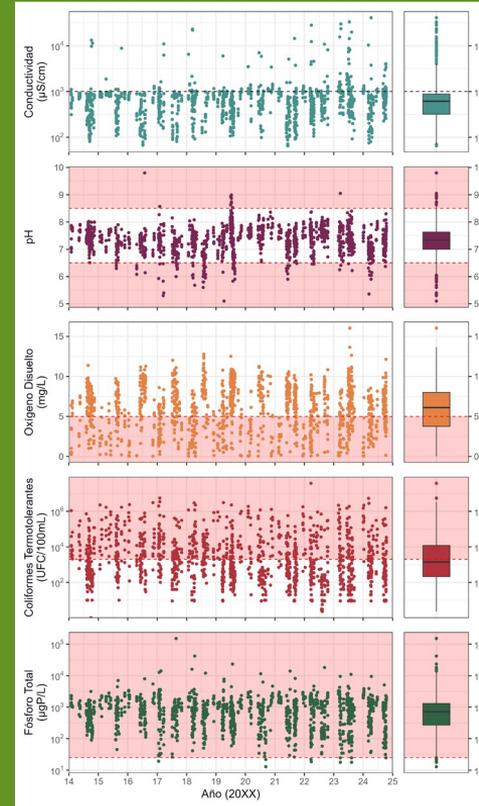
**Figura 9. Ubicación de las estaciones de monitoreo automático.** Los sitios para la instalación de estaciones fluviales se ubican en la cercanía de la Ciudad de Santa Lucía, la Ciudad de San Ramón, el Embalse Canelón Grande, el Aº Pando y el Solís Grande. En el sector sur del departamento, se marca la ubicación de las boyas lacustres que fueron reconstruidas y mejoradas y se encuentran en proceso de reinstalación.

## Uso de la tecnología y transparencia en el manejo de la información



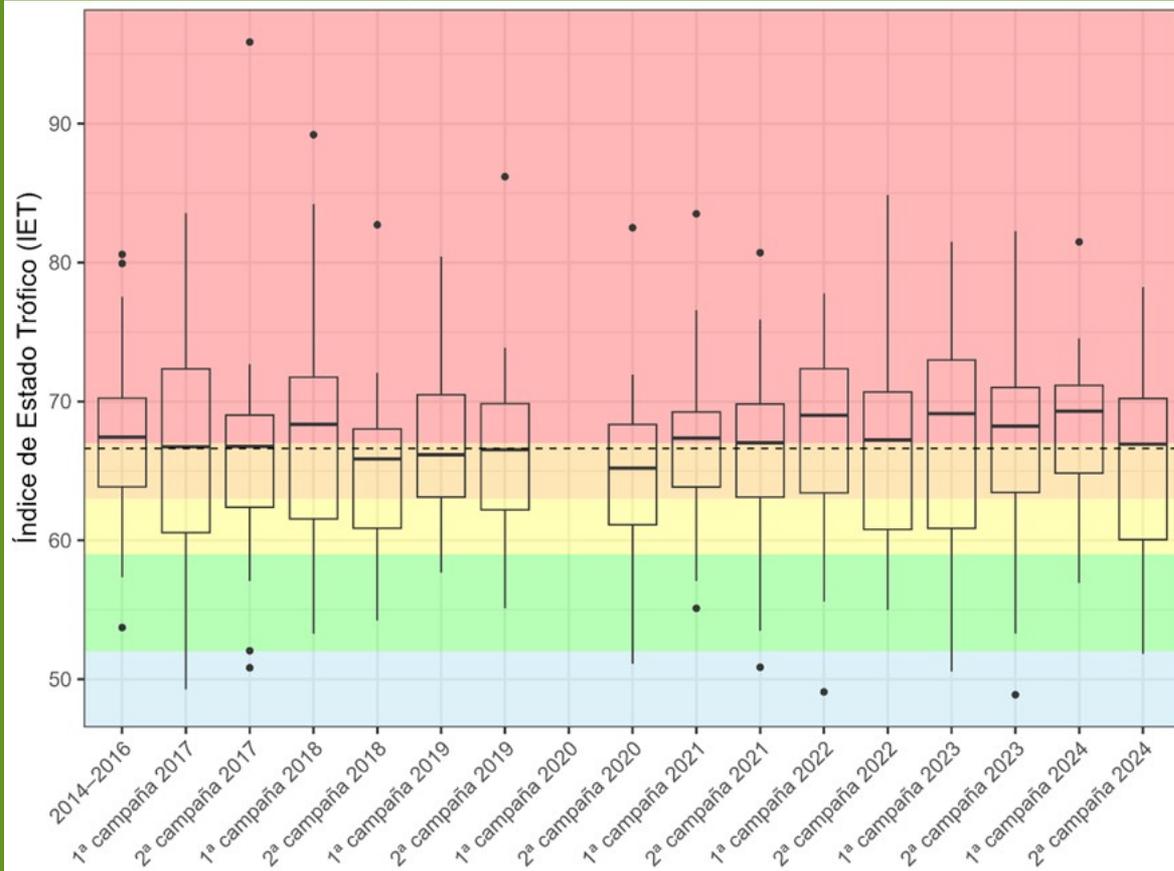
**Figura 10.** Una de las nuevas tres boyas de monitoreo automatizado a ser instalada en el lago Jardín de Lagomar en julio de 2025.

# Monitoreo Ríos y Arroyos



**Figura 11.** Caracterización fisicoquímica e hidrobiológica de los sistemas fluviales canarios generada a partir de los datos obtenidos en el marco del PEDCA 2014-2024. Las áreas marcadas en rosado señalan los valores por fuera de los límites establecidos en el Decreto 253/79. Las gráficas de la derecha resumen en un esquema de caja los mismos datos graficados temporalmente a la izquierda.  $10^1=10$ ;  $10^2=100$ ;  $10^3=1.000$ ;  $10^4=10.000$ ;  $10^5=100.000$ ;  $10^6=1.000.000$ . Gráficos de caja: límite inferior: Q1, línea central: Q2, límite superior: Q3, bigotes: decil 1 y 9; puntos: valores extremos.

# Monitoreo Ríos y Arroyos



*demasiado rico en nutrientes*  
*-Hipereutrófico*

*muy rico en nutrientes*  
*-Supereutrófico*

*rico en nutrientes* -Eutrófico

*nutrientes medios* -Mesotrófico

*pobre en nutrientes* -Oligotrófico

# Laguna del Cisne

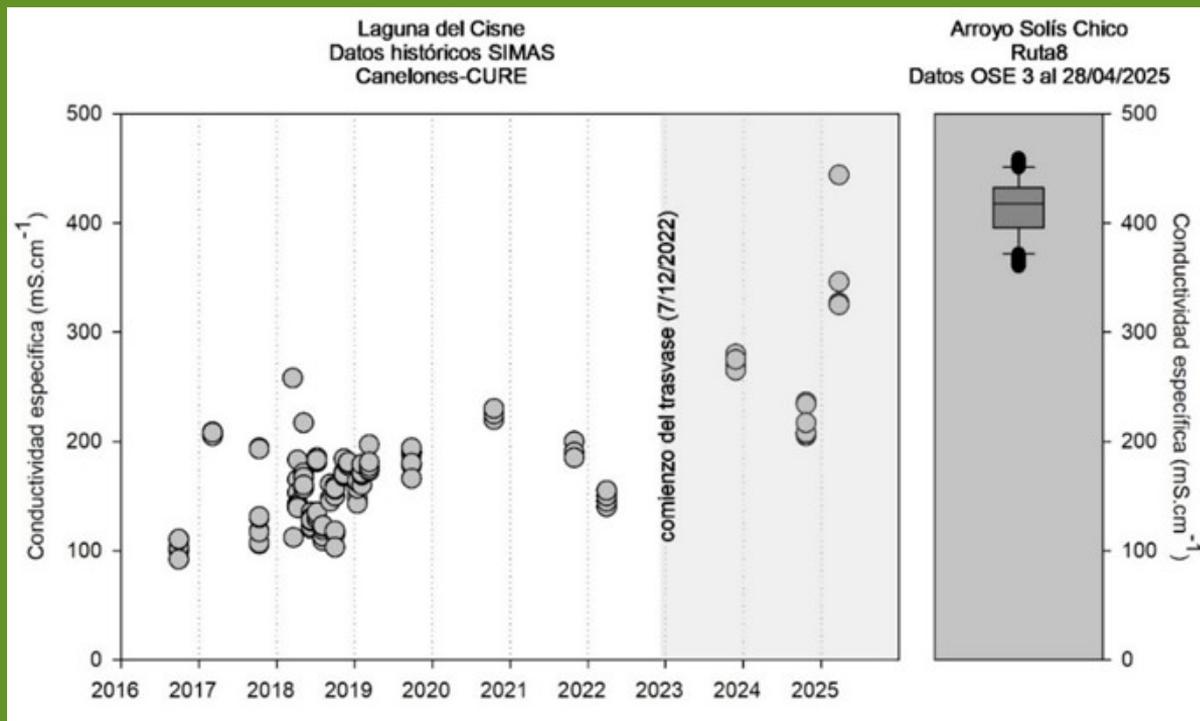


**Figura 19.** Coloración típica del agua de Laguna del Cisne asociada a los elevados niveles de materia orgánica coloreada en solución.



**Figura 20.** Variabilidad del área del espejo de agua de la Laguna del Cisne.

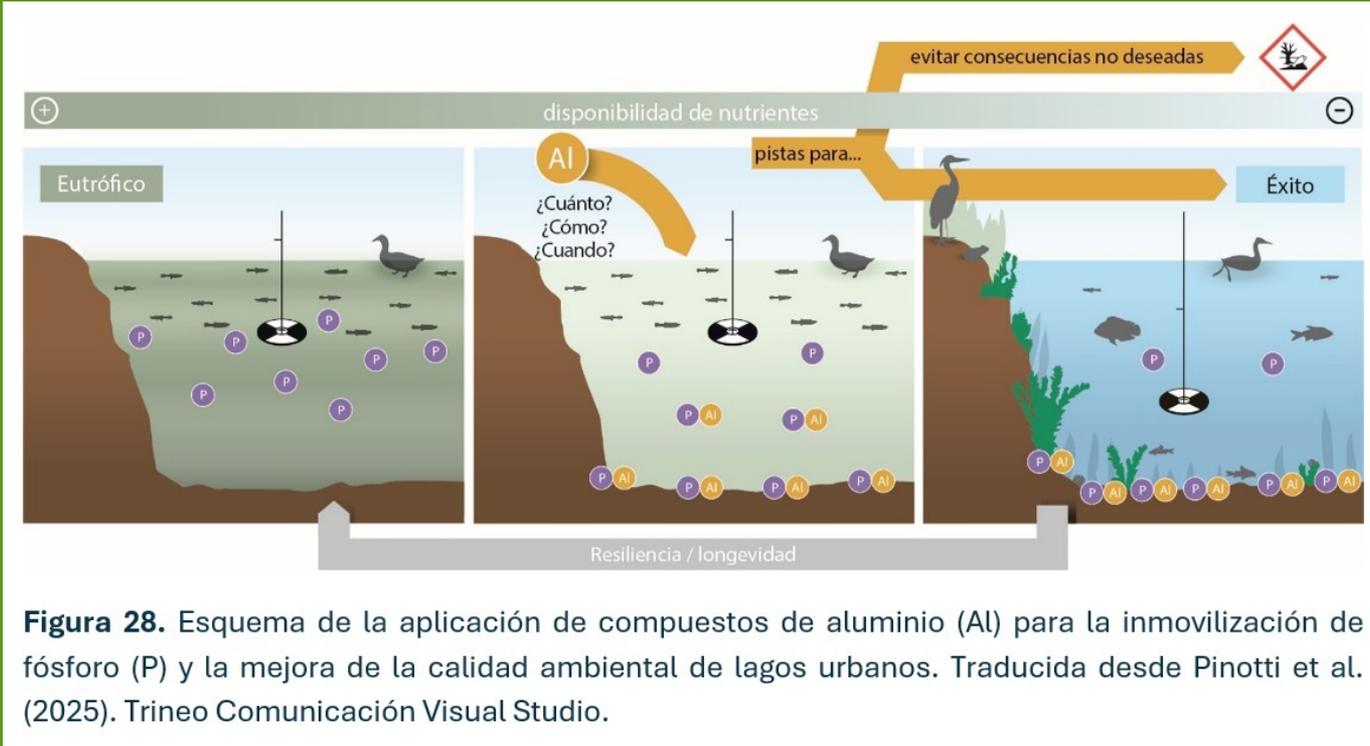
# Laguna del Cisne



## Lagos urbanos de la costa



## 2.3. Lagos urbanos de la costa



**Figura 28.** Esquema de la aplicación de compuestos de aluminio (Al) para la inmovilización de fósforo (P) y la mejora de la calidad ambiental de lagos urbanos. Traducida desde Pinotti et al. (2025). Trineo Comunicación Visual Studio.

Ecological Engineering 172 (2021) 107045

Ecological Engineering

Journal homepage: [www.elsevier.com/locate/ecoleng](http://www.elsevier.com/locate/ecoleng)

Aluminum compounds as a management tool for Eutrophic Lakes: State of the art

G. Pinotti<sup>a</sup>, L. Onche<sup>a</sup>, V. Flaño<sup>a</sup>, L. Bonatti<sup>b</sup>, G. Gensola<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Unidad Docente de Ingeniería Ambiental (IA), Departamento de Ingeniería, Universidad Miguel de Unzueta, Facultad de Ingeniería, Avenida del Libertador s/n, 48900, Valencia, España

<sup>b</sup>Unidad Docente de Ingeniería Ambiental (IA), Departamento de Ingeniería, Universidad Miguel de Unzueta, Facultad de Ingeniería, Avenida del Libertador s/n, 48900, Valencia, España

<sup>c</sup>Unidad Docente de Ingeniería Ambiental (IA), Departamento de Ingeniería, Universidad Miguel de Unzueta, Facultad de Ingeniería, Avenida del Libertador s/n, 48900, Valencia, España

**ARTICLE INFO**

**ABSTRACT**

Over the last few decades, eutrophication in urban lakes has become a global problem. This article provides an overview of the application of aluminum compounds for phosphorus immobilization in urban lakes. The article is divided into three main sections: (1) the state of the art of the application of aluminum compounds, (2) the application of aluminum compounds for phosphorus immobilization, and (3) the application of aluminum compounds for phosphorus immobilization. The article concludes that the application of aluminum compounds is a promising tool for the management of eutrophic urban lakes. However, the application of aluminum compounds must be carefully managed to avoid unwanted consequences.

**1. Introduction**

Eutrophication is a process by which lakes become enriched with nutrients, leading to excessive growth of algae and other aquatic plants. This process is driven by the input of nutrients from urban areas, agriculture, and industry. Eutrophication can lead to a range of environmental problems, including oxygen depletion, fish kills, and the formation of toxic algal blooms. The application of aluminum compounds is a promising tool for the management of eutrophic urban lakes. However, the application of aluminum compounds must be carefully managed to avoid unwanted consequences.

**2. State of the art of the application of aluminum compounds**

The application of aluminum compounds for phosphorus immobilization in urban lakes has been studied for several decades. The most commonly used aluminum compounds are aluminum sulfate and aluminum chloride. These compounds react with phosphorus in the water to form insoluble aluminum phosphates, which are then precipitated to the bottom of the lake. This process effectively removes phosphorus from the water column, reducing the amount of phosphorus available for algal growth.

**3. Application of aluminum compounds for phosphorus immobilization**

The application of aluminum compounds for phosphorus immobilization in urban lakes is a complex process that involves several factors, including the type of aluminum compound used, the concentration of the compound, and the timing of the application. The most important factors are the type of aluminum compound used and the concentration of the compound. The timing of the application is also important, as it can affect the rate of phosphorus immobilization.

**4. Conclusion**

The application of aluminum compounds is a promising tool for the management of eutrophic urban lakes. However, the application of aluminum compounds must be carefully managed to avoid unwanted consequences. Further research is needed to optimize the application of aluminum compounds for phosphorus immobilization in urban lakes.

**Corresponding author.**  
E-mail address: [pinotti@unzueta.edu.ve](mailto:pinotti@unzueta.edu.ve) (G. Pinotti).

https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.107045

Received 27 December 2020; Received in revised form 23 November 2021; Accepted 18 December 2021

Available online 23 December 2021

© 2021 Elsevier B.V. All rights reserved. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

# Lagos urbanos de la costa

## Evaluación de una experiencia de aireación artificial como estrategia de rehabilitación de un lago eutrófico urbano



Virginia Fleitas<sup>1\*</sup>, Guillermo Goyenola<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Ciencia de Cuencas y Limnología del Antropoceno, Departamento de Ecología y Gestión Ambiental, Centro Universitario Regional Este, sede Maldonado, Universidad de la República, Uruguay  
\* virginia.fleitas.capti@gmail.com

### INTRODUCCIÓN

La eutrofización es un problema creciente en lagos urbanos, afectando su calidad de agua y servicios ecosistémicos (MEA, 2000).

En lagos profundos, la estratificación térmica favorece la anoxia hipolimnética y la liberación interna de fósforo (Mortimer, 1941), perpetuando el estado eutrófico incluso tras reducir las cargas externas (Søndergaard et al., 2003).

La aireación artificial ha sido usada para mitigar estos efectos, con resultados variados según las condiciones del sistema y el diseño de la intervención (Bormans et al., 2015).

Esta investigación evaluó la primera experiencia de aireación artificial en un lago urbano profundo en Uruguay.



Ubicación del lago Javier, intervenido con aireación artificial desde diciembre de 2020.

### OBJETIVOS

OE-I Comparar condiciones previas entre el lago intervenido y un lago de referencia.

H<sub>1</sub>1 No hay diferencias previas relevantes entre los lagos.

OE-II Evaluar efectos de la aireación en el lago Javier.

H<sub>2</sub>2 La aireación no cambia las condiciones limnológicas del lago.

OE-III Describir cambios en el lago de referencia.

H<sub>3</sub>3 No hay cambios significativos en el lago de referencia.

OE-IV Comparar ambos lagos durante la intervención.

H<sub>4</sub>4 No hay diferencias durante la intervención.

OE-V Analizar desempeño y viabilidad del sistema.

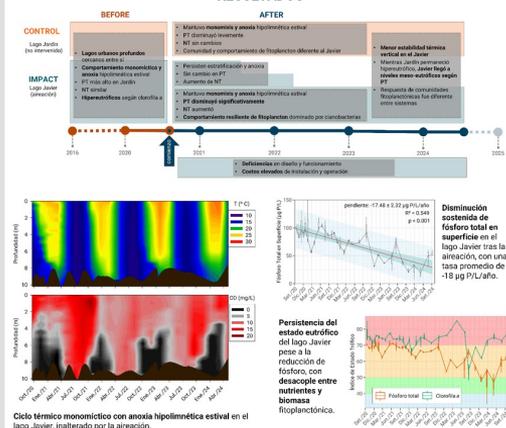
### METODOLOGÍA

Se aplicó un diseño experimental BACI (Before-After Control-Impact), comparando el lago Javier (intervenido) con un lago de referencia sin intervención (lago Jardín de Lagomar).

Durante 4 años se realizó un monitoreo limnológico intensivo que incluyó temperatura, oxígeno disuelto, nutrientes, transparencia y fitoplancton.

Se aplicaron pruebas estadísticas no paramétricas y modelos mixtos para analizar la evolución limnológica, y se evaluó el desempeño operativo del sistema a partir de registros de funcionamiento y consumo energético.

### RESULTADOS



Ciclo térmico monomítico con anoxia hipolimnética estival en el lago Javier, inalterado por la aireación.

### CONCLUSIONES

La aireación artificial produjo una reducción del fósforo superficial, pero no logró revertir el estado eutrófico del lago ni eliminar la estratificación ni la anoxia.

Esto evidencia la resiliencia del sistema y sugiere que este tipo de intervención, por sí sola, no es suficiente para alcanzar una rehabilitación sostenida.

El análisis operativo mostró limitaciones técnicas, interrupciones frecuentes y un alto costo energético, lo que compromete su viabilidad a largo plazo.

Esta experiencia constituye un primer antecedente local sobre el uso de aireación artificial en lagos urbanos profundos, aportando aprendizajes clave para futuras estrategias de gestión ambiental adaptativa de lagos eutróficos.

### REFERENCIAS

Bormans et al. (2015) Aquatic Science and Fisheries 2015, 467-482.  
SMA (2000) Ecosistemas y Ambiente Urbano. Síntesis. Estado Plural.  
Mortimer (1941) The Journal of Ecology 29(2), 239-255.  
Søndergaard et al. (2003) Hydrobiologia, 504, 133-145.



## Lagos urbanos de la costa



**Figura 31.** Toma de muestras para evaluación del ciclo del carbono y emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) durante 2024 y 2025. Izquierda: toma de muestras para análisis de GEI disueltos. Medio: trampas de sedimentación. Derecha: trampas de burbujas/ebullición de GEI. Abajo: medición de intercambio superficial de CO<sub>2</sub> realizada con un analizador de gases infrarrojo (EGM-4, PPSystems).

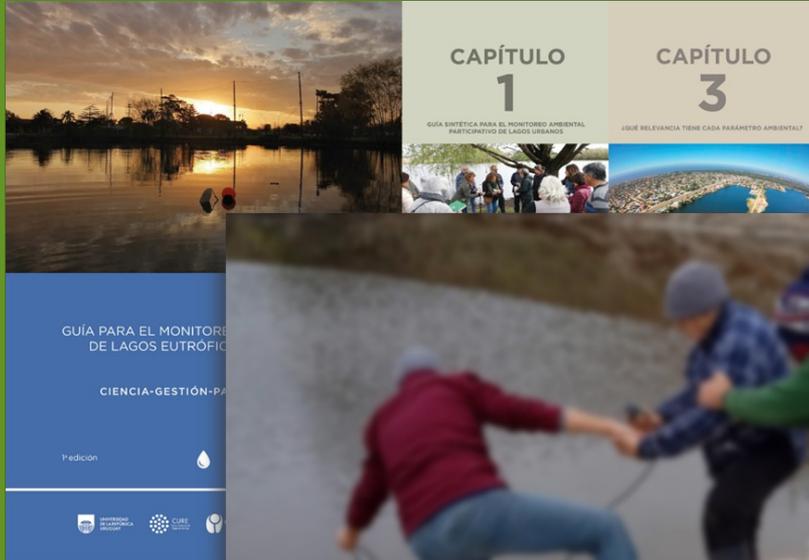
# Monitoreo Ambiental Participativo



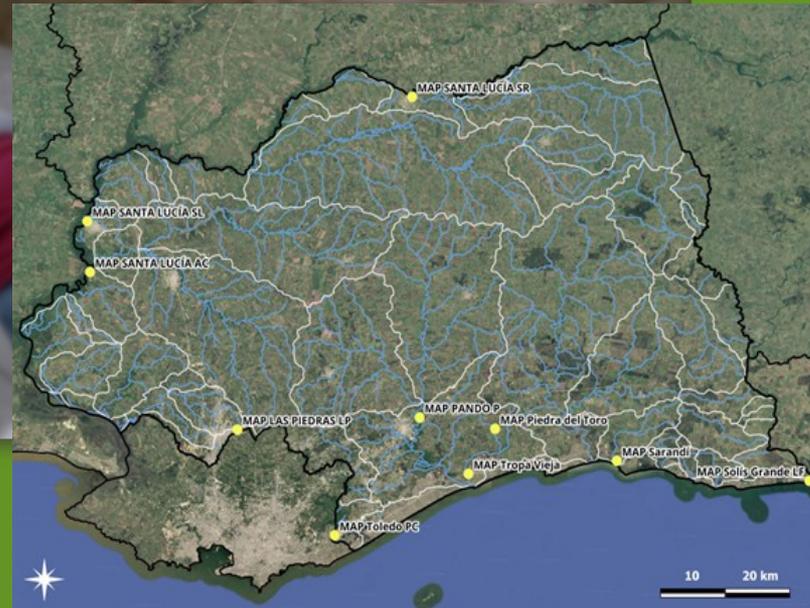
# Monitoreo Ambiental Participativo



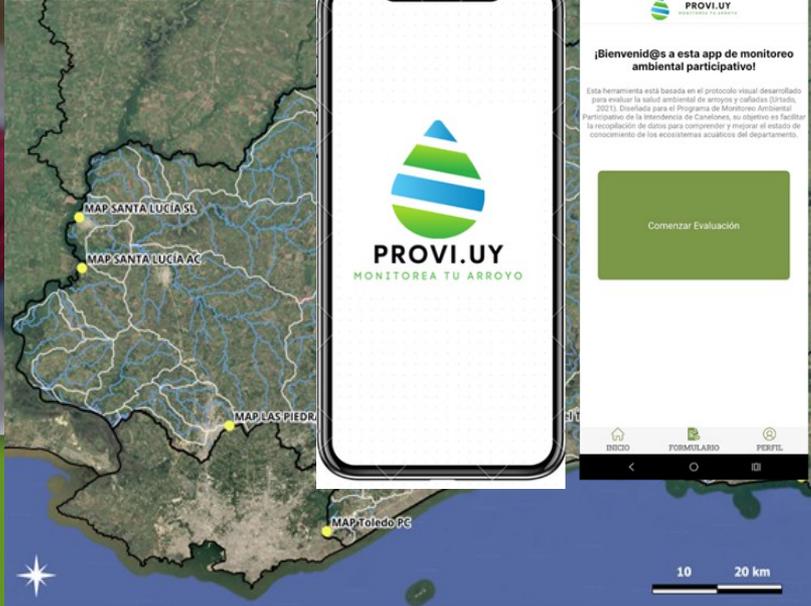
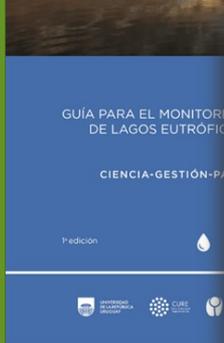
# Monitoreo Ambiental Participativo



# Monitoreo Ambiental Participativo



# Monitoreo Ambiental Participativo



## Algunos desafíos para el próximo período

- **Mejora y fortalecimiento de los ámbitos de trabajo a escala de cuenca**
- **Más y mejor conocimiento para la toma de decisiones**
- **Planificación para la transición ecológica hacia el desarrollo sostenible**
- **Producción sostenible**
- **Protección y restauración ecológica**
- **Mejor conocimiento y protección de las aguas subterráneas**
- **Extensión de la cobertura de saneamiento, mejoras ambientales y de calidad de vida**
- **Mayor articulación interinstitucional y control ambiental**
- **El agua y sus riesgos asociados**
- **La gestión del agua es un desafío técnico, pero fundamentalmente social y político**



# Sistemas acuáticos canarios

## Estado del conocimiento y gestión ambiental

Informe Anual 2025

  
**Gobierno de Canelones**  
*Dirección General de Gestión Ambiental*

  
UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

  
CURE  
Centro Universitario  
de la República del Uruguay

  
FUNDACIBA